

Neununddreissigster Brief.

Aus dem beschriebenen Verhalten der Ackererde gegen Kali, Ammoniak und Phosphorsäure geht unzweifelhaft hervor, dass die Mehrzahl unserer Culturgewächse ihre wichtigsten und zum Wachsthum wesentlichsten mineralischen Bestandtheile nicht aus einer Lösung vom Boden empfangen kann; denn wenn das Kali, das Ammoniak den Säuren, womit sie verbunden sind, so wie dem Wasser so vollständig entzogen werden, dass nach dem Durchgang ihrer Lösung durch Schichten, die nicht höher als die gewöhnliche Ackerkrume sind, die chemische Analyse kaum Spuren von diesen Stoffen mehr nachzuweisen vermag, so lässt es sich nicht denken, dass Regenwasser für sich oder mit Hülfe von wenigen Procenten Kohlensäure das Vermögen besitze, diese Stoffe der Ackerkrume zu entziehen und eine Lösung zu bilden, die sich im Boden fortbewegen kann, ohne die gelösten Substanzen wieder zu verlieren. Dasselbe muss für die Phosphorsäure und die phosphorsauren Salze gelten. Das mit Kohlensäure vollständig gesättigte Wasser wird überall, wo es Körnchen von phosphorsaurem Kalk antrifft, dieses Salz auflösen; allein dieses Lösungsmittel kann nur bewirken, dass sich das phosphorsaure Salz in der Ackererde verbreitet, die Lösung kann ebenfalls den Ort, wo sie sich gebildet hat, nicht verlassen, ohne dass das aufgelöste Salz von Ackererde, welche nicht damit gesättigt ist, der Lösung wieder entzogen wird-

In dem Boden sind diese Stoffe in einem ähnlichen Zustande, wie etwa Farbstoffe in der Kohle oder Jod in Jodstärkmehl, enthalten in einem für die Aufnahme durch die Wurzeln geeigneten Zustand, aber für sich nicht löslich im Regenwasser und nicht eher hinwegführbar durch dieses Lösungsmittel, als bis die Ackerkrume damit gesättigt ist.

Es ist jetzt mehr als wahrscheinlich, dass die grosse Mehrzahl der Culturpflanzen darauf angewiesen ist, ihre Nahrung direct von den Theilen der Ackerkrume zu empfangen, welche mit den aufsaugenden Wurzeln sich in Berührung befinden, und dass sie absterben, wenn ihnen die Nahrung in einer Lösung zugeführt wird. Die Wirkung concentrirter Düngmittel, durch welche, wie der Landwirth sagt, die Saat verbrennt, scheint damit in Beziehung zu stehen.

Die Zusammensetzung unserer gewöhnlichen Flusswasser, so wie des Wassers unserer Quellen und der Abzugwasser (Drainwasser) von Feldern dürfte geeignet sein, diesen Schlüssen als Stütze zu dienen.

Von den Herren Graham, Miller und Hofmann sind (Chem. Soc. Qu. J. IV. 375) eine Anzahl vortrefflicher Analysen von Fluss und Quellwasser bekannt gemacht worden, aus welchen sich ergibt, dass 100,000 Gallons oder 500 Tons Themsewasser, der Themse an fünf verschiedenen Stellen entnommen, enthalten haben:

	Thames Dillen	Kew	Barnes	Redhouse Battersea	Lambeth
Pfunde Kali	7,3	4,71	3,55	10	7,3

Die folgenden Quellwasser enthielten in 100,000 Gallons = 10,000 Centner:

	Whitley	Cutshmere	Vellwool	Hindhead	Barford	Cosford- house
Pfunde Kali	2,71	2,5	3	0,7	1,8	6

Thomas Way fand in Drainwasser, d. h. in Regenwasser, welches durch Ackererde auf dem natürlichen Wege durchgesickert war, in Proben von sieben verschiedenen Feldern folgende Bestandtheile (Journ. of the royal agric. Soc. Vol. XVII. 133):

	Grains in 1 Gallon = 70,000 Grains Wasser						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kali	Spur	Spur	0,02	0,05	Spur	0,22	Spur
Natron	1,00	2,17	2,26	0,87	1,42	1,40	3,20
Kalk.....	4,85	7,19	6,05	2,26	2,52	5,82	13,00
Magnesia.....	0,68	2,32	2,48	0,41	0,21	0,93	2,50
Eisenoxyd u. Thonerde	0,40	0,05	0,10	-	1,30	0,35	0,50
Kieselsäure	0,95	0,45	0,55	1,20	1,80	0,65	0,85
Chlor	0,70	1,10	1,27	0,81	1,26	1,21	2,62
Schwefelsäure	1,65	5,15	4,40	1,71	1,29	3,12	9,51
Phosphorsäure.....	Spur	0,12	Spur	Spur	0,08	0,06	0,12
Ammoniak.....	0,018	0,018	0,018	0,012	0,018	0,018	0,006

Ganz ähnliche Resultate erhielt Dr. Krockner in seinen Analysen von Drainwasser aus Preskau (siehe Liebig und Kopp's Jahresber. f. 1853, 742):

	Drainwasser (in 10,000 Theilen):					
	a.	b.	c.	d.	e.	f.*
Organische Substanz.....	0,25	0,24	0,16	0,06	0,63	0,56
Kohlensaurer Kalk.....	0,84	0,84	1,27	0,79	0,71	0,84
Schwefelsaurer Kalk.....	2,08	2,10	1,14	0,17	0,77	0,72
Salpetersaurer Kalk.....	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02

* a. Drainwasser von dem Boden mit dem Untergrund A., gesammelt 1. April 1853. - b. desgleichen, gesammelt 1. Mai 1853, nach einem Regen von 218 Cubikzoll auf den Quadratfuß. - e. Drainwasser des vorhergehenden Bodens, gemischt mit dem von einem humosen Thonboden, mit kalkreichem Letten als Untergrund, im October 1853 untersucht. - d. Drainwasser von dem Boden B., im October 1853 gesammelt. - Durch die Wasserfurchen von einem schweren Thonboden e. Anfangs Juni, f. Mitte August nach starken Regengüssen abgelaufenes Wasser.

Kohlensaure Magnesia	0,70	0,69	0,47	0,27	0,27	0,16
Kohlensaures Eisenoxydul	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01
Kali	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06
Natron	0,11	0,15	0,13	0,10	0,05	0,04
Chlornatrium	0,08	0,08	0,07	0,03	0,01	0,01
Kieselerde	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05
Summe der festen Bestand- theile	4,21	4,25	3,37	1,53	2,58	2,47

Diese Drainwasser enthalten alle Stoffe, welche das Regenwasser aus der Ackerkrume aufzulösen vermag, und ihre Zusammensetzung giebt einen Begriff von der Menge derselben, welche eine Pflanze während ihrer Vegetationsperiode aus dieser Lösung möglicher Weise empfangen kann.

Nehmen wir an, dass auf ein Hectar Feld in einem Jahr 12 Millionen Pfund Regenwasser fallen, und dass der dritte Theil dieses Wassers im Boden sich mit allen den Bestandtheilen in gleichem Grade wie obige Drainwasser sättige, und diese 4 Millionen Pfunde in den Monaten Juni, Juli, August und September vollständig von den Wurzeln der darauf gebauten Kartoffelpflanzen aufgenommen werden und durch ihre Blätter verdunsten, so würden alle Kartoffelpflanzen zusammen aus dieser Lösung, wenn sie den Gehalt der von Way analysirten Drainwasser enthielte, von einem Hectar von vier Feldern noch kein einziges Pfund, von zwei andern Feldern vom Hectar etwas über ein Pfund und von einem siebenten Hectar zwei Pfund Kali empfangen.

Ein Hectar Feld liefert aber eine mittlere Ernte Kartoffeln, welche 408 Pfund Asche und darin 200 Pfund Kali enthalten.

Denken wir uns die Felder, deren Drainwasser Dr. Krocke analysirte, mit Runkelrüben bestellt, und nehmen wir auch hier an, dass vier Millionen Pfund mit Mineralbestandtheilen aus dem Boden gesättigtes Regenwasser in die Pflanze während ihrer Vegetationszeit übergegangen seien, so würden diese den Runkelrübenpflanzen von vier Feldern vom Hectar nur 8 Pfund, von einem andern 16 Pfund und von einem dritten 24 Pfund Kali haben zuführen können.

Die mittlere Ernte Rüben von einem Hectar Feld beträgt aber mit Blättern 1000 Centner, welche 1144 Pfund Aschenbestandtheile und darin 495 Pfund Kali enthalten.

Der Ammoniakgehalt in den von Way analysirten Drainwassern ist ausserordentlich gering; es ist kaum möglich sich zu denken, dass 1 Pfund Ammoniak in $3\frac{1}{2}$ Millionen Pfund Wasser gelöst einen bemerklichen Einfluss auf die Vegetation äussern könne.

In dem Themsewasser war dessen Quantität in einer Gallone (70,000 Grains) von vier Orten genommen nicht bestimmbar -, und in dem aus der Themse bei Redhouse Battersea genommenen finden sich 3 Theile in 7 Millionen Theilen Wasser (siehe Liebig und Kopp's Jahresber. für 1851, S. 658). Als Rieselwasser

würde unstreitig das Themsewasser eine bedeutende Erhöhung des Heuertrags auf vielen Wiesen hervorbringen, aber sicherlich nicht durch die Zufuhr von Ammoniak, an welchem dieses Wasser, so wie im Allgemeinen das Fluss und Bächewasser, so arm ist.

Der Gehalt an Phosphorsäure in den Drain-, Fluss- und gewöhnlichen Quellwassern ist geradezu = Null; Krocker fand in dem Drainwasser keine Phosphorsäure, in drei Drainwassern fand Way nur Spuren, in vier andern in 7 Millionen Theilen Wasser in zwei 12, in den andern 8 und 6 Theile Phosphorsäure.

Aus dem Verhalten der Ackerkrume geht hervor, dass die Pflanze in der Aufnahme ihrer Nahrung selbst eine Rolle spielen muss; als organisches Wesen ist ihre Existenz nicht gänzlich abhängig von äusseren Ursachen.

Empfangen die Landpflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung, so würden sie von dieser Lösung der Zeit nach im Verhältniss nur so viel aufnehmen können, als Wasser durch ihre Blätter verdunstet, sie würden nur aufnehmen können, was die Lösung enthält und zuführt. Es ist ganz gewiss, dass das Wasser, welches den Boden durchfeuchtet, so wie die Verdunstung durch die Blätter in dem Assimilationsprocesse als nothwendige Vermittelungsglieder mitwirken; allein in dem Boden besteht eine Polizei, welche die Pflanze vor einer schädlichen Zufuhr schützt; sie wählt aus was sie bedarf, und was der Boden darbietet kann nur dann in ihren Organismus übergehen, wenn eine innere, in der Wurzel thätige Ursache mitwirkt.

Es ist wahrscheinlich, dass die grösste Anzahl der Culturpflanzen darauf angewiesen ist, ihre mineralische Nahrung direct von der Ackerkrume zu empfangen, und dass ihr Bestehen gefährdet wird, dass sie verkümmern und absterben, wenn ihnen diese Bestandtheile in einer Lösung zugeführt werden.

Man findet häufig in Wiesen glatte Kalkgeschiebe, deren Oberfläche mit feinen Furchen netzartig bedeckt ist, und wenn der Stein frisch aus der Erde genommen wird, so sieht man, dass eine jede vertiefte Linie oder Furche einer Wurzelfaser entspricht, wie wenn sich diese in den Stein eingefressen hätte.

Es ist sehr schwer, sich eine Vorstellung zu machen, in welcher Weise die Pflanzen mitwirken, um die Auflösung der Mineralbestandtheile zu bewerkstelligen; dass Wasser für den Uebergang derselben unentbehrlich ist, versteht sich wohl von selbst.

Die Schwierigkeit der Erklärung darf zunächst nicht abhalten, die Thatsachen an sich nach allen Richtungen hin festzustellen und den Umfang ihres Einflusses zu ermitteln. Ausnahmen giebt es genug.

Für viele Wasserpflanzen, deren Wurzeln den Boden nicht berühren, müssen, wie sich von selbst versteht, für die Aufnahme ihrer mineralischen Nahrung andere Gesetze bestehen, sie müssen sie wie die Seegewächse aus dem

umgebenden Medium nehmen, denn überall, wo eine Pflanze wächst, muss sie die Bedingungen ihrer Existenz vorfinden.

Die Untersuchung der Wasserlinsen (*Lemna trisulea*) bot in dieser Hinsicht einige interessante Beobachtungen dar. Diese Pflanze wächst in stehenden Wassern, Teichen und Sümpfen und schwimmt auf der Oberfläche des Wassers, so dass ihre Wurzeln ausser aller Berührung mit dem Boden sind.

Es wurde eine Portion dieser Pflanzen von einem künstlichen Sumpfe des hiesigen botanischen Gartens gesammelt, getrocknet und verbrannt und ihr Aschengehalt bestimmt; es wurden gleichzeitig 10 bis 15 Liter des Sumpfwassers, welches eine schwach grünliche Farbe besass, filtrirt und zur Trockne abgedampft; die Asche so wie der Salzurückstand des Wassers wurden der Analyse unterworfen.

Um die Vergleichung zu erleichtern, stelle ich die Analysen beider neben einander.

Asche von Wasserlinsen:	Salzurückstand des Wassers aus dem botanischen Garten:
100 Th. getrocknete Linsen gaben 16,6 Th. Asche.	1 Liter enthält 0,415 Grm. Salzurückstand (schwach geglüht).
In 100 Th. der schwach geglühten Asche sind enthalten:	In 100 Th. der Salze sind enthalten:
Kalk..... 16,82	35,00
Bittererde..... 5,08	12,264
Kochsalz..... 5,897	10,10
Chlorkalium	-
Kali..... 13,16	3,97
Natron	0,471
Eisenoxyd mit Spuren von Thonerde	0,721
Phosphorsäure..... 8,730	2,619
Schwefelsäure	8,271
Kieselsäure..... 12,35	3,24

Der Gehalt an Mineralbestandtheilen in diesen Wasserpflanzen so wie in dem Sumpfwasser dürfte bei Vielen eine eben so grosse Verwunderung als bei dem ersten Beobachter erwecken; denn in der That liess sich wohl nicht voraussetzen, dass eine solche Pflanze in ihrem Reichthum an Mineralbestandtheilen bei weitem die grösste Mehrzahl der Landpflanzen übertrifft. Diese Bestandtheile nahm die Pflanze unzweifelhaft aus einer Lösung auf, allein es fand, was das Bemerkenswertheste ist, eine Auswahl statt.

Die Vergleichung der Zusammensetzung des Wassers mit den Aschenbestandtheilen ergibt, dass alle Mineralsubstanzen des ersteren, bis auf das Natron, sich in der Pflanze befinden, aber in einem sehr geänderten Verhältnisse; das Wasser enthält 45 Procent Kalk und Magnesia, die Pflanze nur 21 Procent von beiden; das Wasser enthält 0,72 Procent Eisenoxyd, die Pflanze zehnmal mehr; die Unterschiede zwischen Phosphorsäure, Kali u. s. w. sind nicht minder gross. Die Pflanze nahm die löslichen Mineralbestandtheile in den Verhältnissen auf, wie sie

sie für ihren Lebensprocess bedurfte, und keineswegs in den Verhältnissen, in denen sie ihr von der Flüssigkeit dargeboten wurden.

Sehr bemerkenswerth ist der Reichthum an Mineralbestandtheilen in dem Sumpfwasser, denn die Menge derselben ist über 10mal grösser als in dem Drainwasser und über 25- bis 30mal grösser als im Quellwasser; in seinem qualitativen Gehalt stellt dieses Wasser ein Mineralwasser dar, wie es ausser in Sümpfen wohl in der Natur nicht vorkommen mag.

Der Gehalt dieses Wassers an Kali, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure und Eisen erklärt sich ohne Schwierigkeit. In einem Sumpfe sammeln sich nach und nach eine Menge Ueberreste, von absterbenden Pflanzengenerationen an, deren Wurzeln vom Boden eine Menge von Mineralbestandtheilen empfangen haben; diese Pflanzenreste gehen auf dem Boden des Sumpfes in Verwesung über, d. h. sie verbrennen und ihre unorganischen Elemente oder ihre Aschenbestandtheile lösen sich unter Mitwirkung von Kohlensäure und vielleicht von organischen Säuren im Wasser und bleiben darin gelöst, wenn der umgebende Schlamm und die Erde, die mit dieser Lösung in Berührung ist, sich damit gesättigt haben.

Es hat sich in der That herausgestellt, dass dieses kalihaltige Sumpfwasser, wenn es durch Erde filtrirt wird, die etwa einen Fuss ab vom Rande des Wasserbeckens genommen worden war, seinen Kaligehalt nicht verliert, während dem nämlichen Wasser das Kali von jeder anderen Erde mit Schnelligkeit entzogen wird.

An vielen Orten wird der Schlamm aus Teichen, stehenden Wassern und manchen Sümpfen als ein treffliches Mittel hochgeschätzt, um die Felder zu verbessern und ihre Fruchtbarkeit zu erhöhen. Es ist klar, dass eine solche Art von Schlamm gleich einer Ackerkrume wirkt, welche mit gelösten Pflanzennahrungsmitteln oder Dungstoffen in Berührung, so viel davon aufgenommen hat, als sie überhaupt aufnehmen kann, und ihre Wirkung findet in der Beschaffenheit des Sumpfwassers eine genügende Erklärung.

Es ist zuletzt begreiflich, wenn in manchen Acker- und Gartenerden Pflanzenreste sich anhäufen und verwesen, dass das Wasser, welches diesen Boden durchdringt, viele Substanzen auflöst, die sich sonst in Mineralwässern nicht vorfinden.

Zu den beschriebenen chemischen Eigenschaften der Ackererde gesellt sich eine physikalische, welche nicht minder merkwürdig und einflussvoll ist. Dies ist das Vermögen derselben, der feuchten Luft den Wasserdampf zu entziehen und in ihren Poren zu verdichten. Man wusste zwar seit langem schon, dass die Ackererde zu den den Wasserdampf sehr stark anziehenden Substanzen gehört, allein erst durch v. Babo haben wir erfahren, dass sie in dieser Eigenschaft der concentrirten Schwefelsäure gleichgestellt werden muss, welche sie unter allen im stärksten Grade besitzt. Bringt man einige Unzen Ackererde bei einer nicht höheren Temperatur als 35 bis 40° C. getrocknet in eine Flasche mit Luft, welche

bei 20° C. vollständig mit Wasserdampf gesättigt ist, der sich also bei der geringsten Abkühlung unter diesen Temperaturgrad als Thau absetzen würde, so ist nach Verlauf von wenigen Minuten die Luft so vollständig ihrer Feuchtigkeit beraubt, welche die Erde angezogen hat, dass sie auch bei einem Kältegrad von 8 bis 10° C. kein Wasser, d. h. keinen Thaubeschlag, mehr absetzt; die Spannkraft des Wasserdampfes ist von 17^{mm.} auf weniger als 2^{mm.} herabgedrückt.

In einer Luft, die man mit Wasserdampf gesättigt erhält, verliert die Ackererde ihre absorbirende Kraft für den Wasserdampf in eben dem Grade, als sie selbst sich damit gesättigt hat. Bei vollkommener Sättigung nimmt sie kein Wasser aus der Luft mehr auf. Aus jeder Luft von 20° C., welche Wassergas von mehr als 2^{mm.} Spannkraft enthält, entzieht die trockene Ackerkrume so lange Wasser, bis sich ein Gleichgewichtszustand der Spannkraft des Wasserdampfes in der Luft oder der Kraft, welche den Gaszustand zu erhalten, und der anziehenden Kraft in der Erde, die ihn aufzuheben strebt, hergestellt hat.

Die Erde, welche sich durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft bei einer gegebenen Temperatur damit gesättigt hat, giebt an trocknere Luft eine gewisse Quantität davon wieder ab und ebenso wenn die Temperatur der Luft steigt; einer noch feuchteren Luft hingegen entzieht sie Wasser, bis das Gleichgewicht hergestellt ist.

Die Vorgänge der Absorption und Verdunstung sind von einer wichtigen Erscheinung begleitet: bei der Absorption des Wasserdampfes erwärmt sich die Erde und sie kühlt sich beim Verdampfen ab. Hängt man ein leinenes Säckchen mit trockener Ackererde, in dessen Mitte sich ein Thermometer befindet, in ein Gefäß mit feuchter Luft, so sieht man das Quecksilber des Thermometers nach einigen Augenblicken steigen; in v. Babo's Versuchen stieg in einer an organischen Stoffen reichen Erde die Temperatur von 20° bis auf 31° C., in einem Sandboden auf 27° C. In gleicher Weise verhielt sich Ackererde, die in Luft von 20° C. und 12° Thaupunkt sich theilweise mit Feuchtigkeit gesättigt hatte, in mit Wasserdampf gesättigter Luft; die Temperatur erhöhte sich um 2 bis 3 Grade. Die eben beschriebenen Erscheinungen müssen auf die Vegetation einen ganz bestimmten Einfluss äussern: auch wenn die hervorgehobenen Extreme der Erwärmung nur selten eintreten mögen, so sind die dazwischen liegenden Fälle um so häufiger.

Wo im heissen Sommer die Oberfläche des Bodens austrocknet, ohne dass ein Ersatz aus tiefern Erdschichten durch capillare Anziehung statt hat, liefert die mächtige Anziehung des Bodens zu dem gasförmigen Wasser in der Luft die Mittel zur Erhaltung der Vegetation.

Der zu verdichtende Wasserdampf wird durch zwei Quellen geliefert. Während der Nacht sinkt die Temperatur der Luft; die Spannkraft des darin enthaltenen Wasserdampfes erniedrigt sich, und auch ohne dass die Temperatur der Luft auf den Thaupunkt sinkt, tritt durch die Anziehung der Ackerkrume Aufnahme von

Wasser (Ammonial, und Kohlensäure), begleitet von Wärmeentwicklung ein, welche die Erkältung des Bodens durch Ausstrahlung mässigt. Ganz besonders muss diese Erscheinung in den regenlosen tropischen Gegenden von dem eingreifendsten Einfluss sein. Ist ihre Wirkung in unsern gemässigten Klimaten auch keineswegs so stark als dort, so kann sie dennoch nicht als verschwindend angesehen werden; die hier auftretende Temperaturerhöhung des Bodens beträgt, da die Verdichtung allmählich erfolgt, in vielen Fällen gewiss nur Bruchtheile eines Grades, allein für viele Gewächse sind es diese Bruchtheile, die ihr besseres Gedeihen ermöglichen: der Boden wird und erhält sich wärmer als seine Temperatur sein würde ohne diese Eigenschaft. Eine zweite Quelle, aus welcher die ausgetrocknete Ackerkrume, vermittelst ihres Absorptionsvermögens, ihre Feuchtigkeit schöpft, bieten die tiefer liegenden feuchten Erdschichten. Von ihnen aus muss nach der Oberfläche eine beständige Destillation von Wasserdampf statthaben, dessen Absorption von einer gleichen Wärmeentwicklung in den oberen Schichten begleitet ist. Indem man durch Drainirung das durch capillare Anziehung aufsteigende Wasser tiefer legt, empfängt jetzt die trockene Ackerkrume eine Menge Feuchtigkeit in Gasgestalt aus den unteren Schichten, welche für das Bedürfniss der Gewächse dient und gleichzeitig die Ackerkrume erwärmt.

In diesen Thatsachen erkennen wir eines der merkwürdigsten Naturgesetze. An der äussersten Erdkruste soll sich das organische Leben entwickeln, und die weiseste Einrichtung giebt ihren Trümmern das Vermögen alle diejenigen Nahrungsstoffe aufzusammeln und festzuhalten, welche Bedingungen desselben sind. Dieses Vermögen bewahrt auch in den scheinbar ungünstigen Verhältnissen dem fruchtbaren Boden die darin enthaltenen oder gegebenen Bedingungen seiner Fruchtbarkeit.